



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária
Programa de Pós-Graduação em Saúde Animal

DESCRIÇÃO ANATÔMICA DA CABEÇA DE PAPAGAIO- VERDADEIRO (*Amazona aestiva*) COM O USO DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA

ANA CAROLINA LOURENÇO FAILLACE

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM SAÚDE ANIMAL

BRASÍLIA – DF

ABRIL/2020



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária
Programa de Pós-Graduação em Saúde Animal

**DESCRIÇÃO ANATÔMICA DA CABEÇA DE PAPAGAIO-
VERDADEIRO (*Amazona aestiva*) COM O USO DE
TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA**

FAILLACE, A. C. L.

ORIENTADOR: PROF. DR. MARCELO ISMAR SILVA SANTANA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM SAÚDE ANIMAL

PUBLICAÇÃO: 168/2020

BRASÍLIA – DF

ABRIL/2020

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA E CATALOGAÇÃO

FAILLACE, A. C. L. **Descrição anatômica da cabeça de papagaio-verdadeiro (*Amazona aestiva*) com o uso de tomografia computadorizada.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2020, 24 p. Dissertação de Mestrado.

Documento formal, autorizando reprodução desta dissertação de mestrado para empréstimo ou comercialização, exclusivamente para fins acadêmicos, foi passado pelo autor à Universidade de Brasília e acha-se arquivado na Secretaria do Programa. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA

Faillace, Ana Carolina Lourenço

Descrição anatômica da cabeça de papagaio-verdadeiro (*Amanzona aestiva*) com o uso de tomografia computadorizada. / Ana Carolina Lourenço Faillace, orientação de Marcelo Ismar Silva Santana – Brasília, 2020. 24 p.: il.

Dissertação de Mestrado (M) – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2020.

1. Anatomia descritiva. 2. Aves. 3. Tomografia computadorizada.

I. Santana, M. I. S.

II. Doutor

CDD ou CDU
Agris/FAQ

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

**DESCRIÇÃO ANATÔMICA DA CABEÇA DE PAPAGAIO-
VERDADEIRO (*Amazona aestiva*) COM O USO DE
TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA**

ANA CAROLINA LOURENÇO FAILLACE

Dissertação de mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em
Saúde Animal, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau
de Mestre em Saúde Animal

APROVADA POR:

DR. MARCELO ISMAR SILVA SANTANA, UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
(ORIENTADOR)

DRA. LÍRIA QUEIROZ LUZ HIRANO, UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
(EXAMINADOR)

DR. JAIR DUARTE DA COSTA JÚNIOR, UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
(EXAMINADOR)

BRASÍLIA – DF, 03 DE ABRIL DE 2020

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que me ajudaram, das mais diversas formas, na produção desse trabalho:

Ao Professor Marcelo, meu orientador, por ter sido paciente e insistente desde antes do início do mestrado;

A minha família – Mãe Tereza, Pai Antônio Carlos, Irmãos André e Tonho, Avô José e o Sobrinho Fábio. As que já se foram, Avós Teresa e Suely.

A minha outra família – Luigi, Mulan, Saori e Dalila (*in memorium*);

Ao moço, Ricardo;

Aos meus queridos amigos que fizeram parte da minha jornada acadêmica, tanto na graduação como na pós-graduação;

Aos técnicos - Seu Jesuel Alves de Melo, Seu Antônio Sobrinho Ribeiro, César Leão e Luís Felipe;

Ao CETAS, por disponibilizar os animais para pesquisa;

A CAPES, pelo apoio financeiro;

E, finalmente, para todos os pequenos dinossauros atuais, vulgo aves, sempre com algo novo para nos ensinar.

“Somos mais do que mil, somos um!”

*(O Rei Leão 2: O Reino
de Simba)*

SUMÁRIO

RESUMO.....	1
1 – INTRODUÇÃO.....	2
2 – MATERIAIS E MÉTODOS.....	3
3 – RESULTADOS.....	4
4 – DISCUSSÃO.....	8
5 – CONCLUSÕES.....	11
6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	12
7 – ANEXOS.....	16

DESCRIÇÃO ANATÔMICA DA CABEÇA DE PAPAGAIO-VERDADEIRO (*Amazona aestiva*) COM O USO DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA *

COMPUTED TOMOGRAPHIC ANATOMIC DESCRIPTION OF THE HEADS OF BLUE-FRONTED AMAZON PARROTS (*Amazona aestiva*)

Ana Carolina L. Faillace ¹ Marcelo Ismar Silva Santana ¹

¹Laboratório de Pesquisa em Anatomia dos Animais Silvestres, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil.

Resumo

No Brasil, o papagaio-verdadeiro é um pet extremamente popular, sendo frequentemente atendido nos centros veterinários. Exames diagnósticos, que até recentemente não eram considerados para estes animais, como a tomografia computadorizada (TC), estão sendo rotineiramente utilizados. A maior acessibilidade aos aparelhos de TC tornou o diagnóstico clínico mais preciso, porém, sua eficácia depende da realização de novas descrições anatômicas espécie-específicas, que servirão como referência para interpretação das imagens tomográficas. No entanto, ainda são escassos os trabalhos que descrevem as características anatômicas normais de psitacídeos, através da TC. Com isso, objetivou-se realizar a descrição anatômica da cabeça de papagaios-verdadeiros (*Amazona aestiva*), por meio de TC, tanto para fins comparativos, como com o intuito de auxiliar o diagnóstico clínico. Comparativamente a literatura consultada, a cabeça dos papagaios estudados apresentou estruturas anatômicas similares a de outras espécies de aves. As principais diferenças encontradas estavam relacionadas ao tamanho e ao posicionamento das conchas nasais, que apresentaram uma concha nasal média extensa e uma concha nasal caudal extremamente reduzida em tamanho, a posição da abertura para o seio infraorbital, lateral a cavidade nasal, a presença de um ducto nasofaríngeo bem definido, comunicando a cavidade nasal à coana, uma maior extensão e compartimentação do seio infraorbital, além do formato do paraglossos, com uma morfologia característica observada para psitacídeos. A TC permitiu a visualização e a descrição anatômica das estruturas da cabeça, portanto, é uma ótima ferramenta de diagnóstico por imagens de enfermidades associadas, devido à alta qualidade das imagens adquiridas, além da possibilidade de criar reconstruções tridimensionais. A TC apresentou limitações para a identificação dos elementos da orelha média e interna e sua associação com o seio paratimpânico, além da delimitação deste último.

PALAVRAS-CHAVE

Psitacídeos, anatomia descritiva, diagnóstico por imagem, tomografia computadorizada.

Abstract

In Brazil, the blue-fronted amazon parrot is an extremely popular pet and commonly found in captivity, being routinely admitted to clinics. Recently, even modern imaging methods not commonly used in wild and exotic birds, such as computed tomography (CT), are being more broadly used, due to its increasing accessibility and more precise diagnosis. Even though, its efficacy as a diagnostic method is related to the availability of specie-specific anatomic descriptions that can be used as reference for imaging interpretation. Papers about the normal anatomy of parrots using CT is scarce. The main purpose of this study was to give the normal anatomical description of the heads of blue-fronted amazon parrots (*Amazona aestiva*) using conventional CT, with focus on helping clinicians identify and diagnose possible pathologies, as well as for future comparative morphological studies. In general, the parrots' head structures were similar to many other species in the consulted literature, the main differences being: the size and position of the nasal conchae, with a long middle concha and a small caudal concha, the position of the apertura sinus infraorbital, being lateral to the nasal cavity, the presence of a nasopharyngeal duct, connecting the nasal cavity to the oral cavity, a more extensive infraorbital sinus, with more caudal compartments, and a paraglossum with morphology that is unique to psittacines. CT was able to give high quality detailed images that were essential to the identification and description of most of the parrots' head structures. Also, it allowed for multiplanar reconstruction, a helpful tool for complete visualization of head. However, CT showed some limitations related to identifying the inner ear and its structures, its association with the paratympanic sinus and the boundaries of the paratympanic sinus itself.

KEYWORDS

Psittacines, descriptive anatomy, computed tomography, diagnostic techniques.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o aumento da popularidade das aves utilizadas como animais de estimação propiciou que sua rotina clínico-cirúrgica ganhasse destaque no cenário veterinário global (Veladiano et al. 2016b). Provavelmente, este sucesso está relacionado a uma forte conexão emocional, que liga esses animais a seus tutores, além do alto valor econômico atribuído para algumas espécies de aves (Freitas et al. 2015).

Neste cenário, os psitacídeos estão dentre as aves mais utilizadas como pet (Veladiano et al. 2016b). Em Centros de Triagem de Animais Silvestres pelo Brasil, os psitacídeos representam o segundo maior grupo de aves atendidas, ficando atrás apenas de passeriformes (Freitas et al., 2015; Vilela, 2012). De acordo com Fernandes et al. (2019), o papagaio-verdadeiro (*Amazona aestiva*) ainda é uma das principais aves encontradas em cativeiro, principalmente por causa de sua beleza, sociabilidade e capacidade de imitar a voz humana.

Este aumento populacional de aves em cativeiro está diretamente associado com uma crescente demanda por procedimentos médicos especializados, e, portanto, o médico veterinário precisa reconhecer as características anátomo-fisiológicas das aves, visando um tratamento médico de alto padrão (Veladiano et al. 2016b). Neste sentido, o diagnóstico por imagens desempenha um papel essencial na rotina clínico-cirúrgica de animais silvestres e exóticos (Veladiano et al. 2016a).

Com o crescente acesso a métodos de imagem mais modernos, a precisão de diagnósticos na clínica de animais silvestres e exóticos melhorou consideravelmente (Ricciardi et al. 2019). Os métodos de imagem mais disseminados são o raio X e a TC, em alguns estabelecimentos (Silva et al., 2020). Este último é um método não invasivo e de boa qualidade para explorar alterações ósseas e de vísceras, pois várias estruturas podem ser analisadas ao mesmo tempo, sem sobreposição e com alta definição (Mackey et al. 2008). O uso do aparelho de TC está aumentando no Brasil devido a uma maior acessibilidade, disponibilidade para o clínico e o custo associado (Bortolini et al. 2013).

Apesar de haver inúmeros trabalhos de descrições anatômicas para diversas espécies de mamíferos silvestres ou exóticos (du Plessis et al. 2017), estudos sobre a anatomia normal de psitacídeos é escassa (Artmann and Henninger, 2001; Veladiano et al. 2016a), principalmente para o *Amazona aestiva*. Com isso, são necessárias descrições anatômicas e o conhecimento das características tomográficas de um animal hígido, para servir como base de comparação para interpretação de alterações patológicas.

O objetivo do presente estudo foi de descrever a anatomia normal da cabeça de papagaios-verdadeiros através de imagens tomográficas, obtidas através de tomografia computadorizada convencional. Estas descrições podem ser de grande valor para o estabelecimento de parâmetros morfológicos comparativos entre as aves, bem como servir de referência para a interpretação diagnóstica desta complexa estrutura.

MATERIAL E MÉTODOS

Espécimes

Foram estudados 15 papagaios-verdadeiros adultos (*Amazona aestiva*), oito fêmeas e sete machos, que vieram a óbito natural por motivos não relacionados a este estudo, pertencentes ao acervo do Laboratório de Pesquisa em Anatomia dos Animais Silvestres da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília.

A seleção dos animais foi baseada pelo estado de conservação da cabeça, sendo escolhidos aqueles que não apresentaram nenhuma alteração externa visível do crânio e de suas estruturas relacionadas, como fraturas, alterações de bulbo ocular e neoplasias.

Tomografia computadorizada

Para facilitar o posicionamento e a colimação das áreas de interesse, as cabeças dos papagaios foram separadas das primeiras vértebras cervicais, e identificadas ainda congeladas. Posteriormente, os corpos foram utilizados para a confirmação do sexo.

As imagens foram produzidas com o auxílio de um tomógrafo computadorizado helicoidal *multislice* de 64 canais, modelo SOMATOM Definition AS+ *single source*. Após descongelamento prévio, as cabeças foram posicionadas com a mandíbula perpendicular à mesa, e a captura de imagens foi feita seguindo os planos transversal, dorsal e sagital, com cortes de espessura de um milímetro (reconstrução de 0,5 milímetros), com tempo de exposição de 0,725 segundos, voltagem de 120 kV e amperagem de 140 mA. O filtro de ouvido interno de alta resolução na janela de osso (window width/WW 4000 HU; window length/WL 700 HU) foi utilizado como padrão para a captura de imagens (Fig. 2 a 6). As imagens foram analisadas com o auxílio do software 3D Slicer (Fedorov et al., 2012), o que permitiu a manipulação através dos dos filtros de pulmão (WW 1400; WL -500) e de osso (WW 1000; WL 400).

Cortes anatômicos

Após a obtenção dos tomogramas, todas as 15 cabeças foram emblocadas individualmente com o material Poliuretano. Este material foi utilizado para conferir maior estabilidade durante a realização dos cortes sequenciais, feitos com o auxílio de uma serra de fio contínuo, sempre com espessura de 0,5 centímetro. Os cortes foram obtidos seguindo a mesma orientação dos planos utilizados durante a obtenção das tomografias, sendo utilizados cinco blocos para cada plano. Os cortes obtidos foram limpos com o uso de uma escova macia, sendo posteriormente fotografadas (Fig. 1), para a confirmação dos achados tomográficos. Utilizou-se cadáveres, pois assim era possível realizar as imagens tomográficas e os cortes anatômicos no mesmo animal, obtendo-se um alto grau de correlação das estruturas.

A nomenclatura utilizada tomou como base a *Nomina Anatomica Avium* (1993) e terminologias propostas por outros autores. Estruturas pares foram referidas no singular por motivos de padronização.

RESULTADOS

O filtro de ouvido interno de alta resolução com janela de osso, utilizado como padrão, foi satisfatório para a identificação da maioria das estruturas do crânio. De forma geral, os ossos do crânio, incluindo os ossículos esclerais e o aparelho hiobranquial, se apresentaram evidentes em relação ao tecido mole no filtro de osso. Já as trabéculas ósseas, características do crânio de aves, foram facilmente visualizadas com o filtro de pulmão, em todas as imagens tomográficas. O opérculo, as conchas nasais, as membranas de tecido epitelial, o meato acústico externo e o labirinto ósseo também foram identificados com o mesmo filtro. Todos os compartimentos do seio infraorbital foram visualizados com o filtro de pulmão, mesmo quando preenchidos por musculatura.

Com a manipulação dos filtros utilizados, foi possível identificar algumas estruturas de tecido mole, como a lente, a musculatura do bulbo ocular, o nervo óptico, os hemisférios do telencéfalo e o cerebelo. Entretanto, nenhuma destas estruturas apresentaram delimitação bem definida, fator limitante para uma descrição mais detalhada. Já a membrana timpânica, o osso columela, a cartilagem extracolumela e a cóclea não foram visualizadas em nenhum filtro, nem nos cortes anatômicos, devido ao seu tamanho reduzido.

As cabeças dos papagaios estudados apresentaram contorno similar ao descrito em outros psitacídeos, com formato arredondado e compacto, e um alto grau de fusão da maioria dos ossos do crânio, exceto nas zonas flexoras craniofacial, arco jugal e palatina. A cavidade orbital foi delimitada pelo osso frontal e pelo arco suborbital, separada medianamente por um fino septo interorbital ósseo e trabeculado, que se estendeu do osso mesetmoide até o osso lateroesfenóide. Todas as aves possuíam órbita óssea completa. A mandíbula era completamente fusionada, sem uma sínfise aparente. O rostro era largo, queratinizado e curvado ventralmente. O opérculo estava dorsal às narinas, que se encontravam dorsolaterais à base da região nasal, enquanto os grandes bulbos oculares estavam laterais à cabeça. Os ossos pré-maxilar, maxilar, mandíbula, palatino, pterigoide, quadrado, além dos pertencentes a região occipital, foram caracterizados como pneumáticos, sendo seus interiores fortemente hipoatenuados (Fig. 1 a,d; 2a,b,d,g,i; 3a,c,d; 4a,c; 5f,g,h,i).

As cavidades nasais estavam completamente separadas pelo septo nasal ósseo, com espessura variável, sendo cartilaginoso apenas em seu terço caudal (Fig. 2d,f,g e 4e,f). Cada cavidade nasal estava composta por três regiões: vestibular, respiratória e olfatória. A região vestibular estava delimitada pelos ossos nasal e pré-maxilar, a região respiratória somente pelo osso maxilar, e a região olfatória pelos ossos mesetmoide e ectetmoide. Foi encontrado um meato nasal único no interior de cada cavidade, além de três conchas nasais cartilaginosas, sendo uma rostral, uma média e outra caudal (Fig. 1d, 2c-i, 4c,d, 5b,c; 6). A concha nasal rostral estava posicionada na região vestibular, com um formato semelhante ao da letra “C”, porém mais larga e ligeiramente abaulada rostralmente, principalmente em seu segmento dorsal (Fig. 2c,d; 6b; 7b,c). Ela surgiu de uma única lamela basal, que se originou no terço rostral da parede lateral da cavidade nasal. A concha nasal média, a mais extensa de todas, estava localizada na região respiratória, com formato tubular e originada no teto da cavidade nasal, a partir de uma curta lamela basal (Fig. 2e). Imediatamente, a lamela se bifurcou em duas, uma com sentido caudomedial, com formato semelhante a uma linha sinusoide, enquanto a outra se projetou laterocaudalmente, como uma espiral, dando uma volta e um quarto, até alcançar o final da cavidade nasal, adentrando a porção inicial do ducto nasofaríngeo (Fig. 2e,f,g; 4 c,d). A concha nasal caudal foi encontrada no limite caudal de cada cavidade nasal, posicionada caudodorsalmente à concha nasal média e rostralmente aos ossos mesetmoide e ectetmoide. Apesar de pequena e oca, apresentou variação de tamanho na amostra analisada. Nos papagaios com conchas caudais maiores, foi identificado que seu interior não estava conectado a cavidade nasal, mas ao seio infraorbital, a semelhança de um divertículo (Fig. 6b,c,d).

As cavidades nasal e oral se comunicaram através do ducto nasofaríngeo, uma estrutura tubular e constituída por tecido mole, ligado diretamente à coana (Fig. 2g,h,i; 4d,e; 5d,e). Estava ancorado rostrolateralmente ao processo maxilopalatino do osso maxilar e, caudomedialmente, na porção coanal do osso palatino. Em sua face caudal, o ducto também se ancorou à margem rostral do septo interorbital (Fig. 4d,e). Seu terço inicial estava separado medianamente pelo segmento cartilaginoso do septo nasal (Fig. 2g; 4f; 5d).

A cavidade oral foi delimitada dorsalmente pelos ossos pré-maxilar, maxilar e palatino, lateralmente pela porção lateral do osso palatino e a mandíbula e, ventralmente, por musculatura associada e pela língua. A faringe teve o mesmo arcabouço ósseo da cavidade oral, apenas com a inclusão do osso pterigoide no seu limite dorsocaudal. A coana foi encontrada dorsalmente entre estas duas regiões, responsável pela comunicação entre as cavidades nasal e oral. A robusta língua foi facilmente

identificada nas imagens analisadas, ocupando o assoalho dos terços médio e caudal da cavidade oral. Seu formato arredondado estava adaptado ao terço rostral da mandíbula. O aparelho hiobranquial também estava relacionado com a cavidade oral, o osso paraglossos e o terço rostral do osso basiial estavam intimamente ligados com a raiz da língua, enquanto os processos parahiais do osso basiial e o osso uhorial estavam posicionados ventralmente à laringe e aos primeiros anéis traqueais (Fig. 2d,h,i; 3a; 4d,e; 5g,h,i; 9). O corno branquial, a porção mais caudal do aparelho, estava posicionado medialmente ao ramo da mandíbula, lateralmente ao terço final da laringe e aos primeiros anéis traqueais. Seu terço caudal estava relacionado com a musculatura mastigatória da mandíbula (Fig. 2h,i; 3a-d).

A laringe estava formada predominantemente pelas cartilagens cricóide, com formato circular, e duas aritenóides, com formato sinusoide. A pequena cartilagem prócricóide estava posicionada medianamente as asas da cricóide, que em conjunto, formaram o limite dorsocaudal do órgão (Fig. 2g; 3b; 4d; 9). A glote estava posicionada medianamente, como uma fenda, delimitada lateralmente pelas cartilagens aritenóides, sendo que ambas as elevações laringeais se mostraram destacadas no corte transversal (Fig. 2g; 3a; 5h). Em corte transversal, a união da cricóide com os primeiros anéis traqueais se apresentou com formato circular e achatado dorsoventralmente.

O bulbo ocular ocupou quase toda a cavidade orbital e apresentou formato oval, achatado lateralmente. Ainda que visível nas imagens tomográficas, a lente não apresentou contornos definidos, o que dificultou sua clara distinção das câmaras anterior e vítrea, bem como não foi possível identificar a retina. O formato ovoide da lente foi confirmado apenas pelos cortes anatômicos. A musculatura do bulbo ocular, a membrana nictitante e as glândulas lacrimais e da membrana nictitante apresentaram atenuação similar, não sendo possível diferenciá-las individualmente, caracterizadas apenas como estruturas tubulares. Os ossículos esclerais foram representados por duas linhas hiperatenuadas nos cortes transversais e horizontais, e como um anel no corte sagital mediano (Fig. 3b; 4a; 5c,e).

O encéfalo foi visualizado em todos os planos tomográficos. Os hemisférios do telencéfalo, o cerebelo e o tronco encefálico foram distinguíveis somente nos cortes anatômicos (Fig. 1c), pois possuíam a mesma atenuação nas imagens obtidas

A larga e redonda abertura da orelha externa e o retilíneo meato acústico externo foram facilmente visualizados nas tomografias (Fig. 3e; 4a; 5g,h). Não foi possível delimitar a orelha média, pois a membrana timpânica não estava evidente, tanto nas imagens obtidas, como nos cortes anatômicos. Porém, curtas linhas hiperatenuadas foram identificadas no terço distal do meato acústico externo, sugerindo as estruturas de orelha média, como o osso columela e a cartilagem extracolumela, mas sem definição. O labirinto ósseo da orelha interna se apresentou hiperatenuado e de fácil identificação nas imagens tomográficas, bem como nos cortes anatômicos (Fig. 1c; 3f; 5g). A dificuldade encontrada para a delimitação das estruturas auriculares impossibilitou a identificação do recesso pneumático paratimpânico (seio paratimpânico), bem como as origens dos recessos timpânicos associados e de seus forames pneumáticos respectivos.

De forma geral, os músculos da cabeça foram visualizados apenas como faixas hiperatenuadas, sem delimitações visíveis de fibras ou ventres musculares, o que dificultou a individualização da maioria dos músculos mastigatórios. Apenas os grupos musculares maiores foram passíveis de serem identificados, como o etmomandibular e o extensor do pterigoide e quadrado (Fig. 1d; 2h; 3c,d; 5e,f,g,h). Apesar do adutor externo da mandíbula ser um musculo extenso, não foi possível diferenciar suas porções

(superficial e profunda) nas imagens obtidas, sendo que sua divisão foi feita através da utilização dos ossos cranianos como referência topográfica.

O seio infraorbital era uma cavidade extensa, com formato triangular e delimitado pelos ossos do crânio, por músculos e por tecido epitelial, sendo este último caracterizado nas imagens tomográficas como uma delgada linha hiperatenuada. Se estendeu por toda a cabeça, e foi limitado rostralmente pelo osso pré-maxilar, medialmente pelos ossos palatino e pterigóide e, lateralmente, pelo arco jugal, mandíbula e osso quadrado. Estava composto por dois compartimentos ímpares, o divertículo rostral e o canal transverso, e por cinco compartimentos pares, sendo eles as porções pré-orbitais (compostas pelos recessos pré-orbital e porção jugal), as porções infraorbitais, pós-orbitais, quadrado o recesso mandibular e o divertículo cervicocefálico. Músculos mastigatórios preenchiam parcialmente o interior do seio infraorbital, com exceção do divertículo rostral, do canal transverso e parte da porção pré-orbital.

O divertículo rostral se estendeu por quase todo o osso pré-maxilar, com exceção do rostrum maxilar. Medianamente, estava separado por um fino septo ósseo, que reduziu em tamanho no sentido caudal, até desaparecer no seu terço médio (Fig. 2a). Também foi encontrado em seu terço caudal, duas pequenas aberturas laterais a projeção caudorostral do septo nasal, as fenestras palatinas, para comunicação com o canal transverso (Fig. 2c,d,e,f; 4d,e,f; 5d,e). Este canal se mostrou curto e horizontal, limitado ventralmente pelo processo maxilar do osso palatino e dorsolateralmente pelo processo maxilopalatino do osso maxilar. O canal transverso comunicou o divertículo rostral com as duas porções pré-orbitais contralaterais, que estavam separadas medianamente pelo ducto nasofaríngeo (Fig. 2g,h; 5b,d,e).

A porção pré-orbital estava localizada no interior de sua respectiva fenestra anterorbital (Fig. 5c; 7a,c; 8a,b). Apesar de pequena, cada porção era subdividida em um recesso pré-orbital e uma porção jugal (Fig. 2g; 4b). O reduzido recesso pré-orbital era delimitado rostrolateralmente pelos processos nasal do osso maxilar e maxilar do osso nasal, e ventralmente pela porção jugal. A porção jugal estava delimitada lateralmente pelo arco jugal, ventromedialmente pela porção coanal do osso palatino e dorsalmente pelo recesso pré-orbital. As subdivisões da porção pré-orbital estavam parcialmente separadas por uma delgada membrana de tecido epitelial, e se comunicavam em seus segmentos caudais, e ambas contínuas com a porção infraorbital do seio infraorbital (Fig. 2g; 4b). Cada porção pré-orbital apresentou uma comunicação direta com o meato nasal, através de duas pequenas aberturas respectivas, as aberturas do seio infraorbital, posicionadas dorsolateralmente a cada concha nasal caudal e lateralmente a cada lamela da concha nasal média (Fig. 2i; 5b).

A porção infraorbital, a mais extensa de todas, ocupou as regiões ventral e medial ao bulbo ocular, delimitada medialmente pela porção lateral do osso palatino e pelo septo interorbital, lateralmente pelos arcos jugal e suborbital e, ventralmente, por uma membrana parcial de tecido epitelial, que se estendia do terço médio do músculo etmomandibular até o terço dorsal da porção profunda do músculo adutor externo da mandíbula (Fig. 2i; 3a,c; 4b; 5d,e,f; 7d; 8b). A porção infraorbital comunicava-se diretamente com a porção pós-orbital, limitada exclusivamente pela extremidade caudal do arco jugal e pelo processo zigomático do osso escamoso.

A porção pós-orbital, a segunda em extensão, estava localizada medialmente ao processo zigomático do osso escamoso, à porção caudal do arco jugal, à musculatura mastigatória associada a estes ossos e, lateralmente, ao terço caudal do osso pterigoide. Vale ressaltar que essa presença de

músculos associados com a mastigação foi determinante para sua subdivisão em espaços menores, mas totalmente comunicados entre si. Dentre os músculos associados, deve-se destacar o extensor do pterigoide e quadrado e o pseudotemporal superficial, que ocuparam parte da porção pós-orbital, separando-a em dois compartimentos bem definidos (Fig. 3d; 4a,b; 5g,h). Caudoventralmente, a porção pós-orbital se comunicou diretamente com a porção quadrado.

O menor dos compartimentos do seio infraorbital, a porção quadrado, estava lateralmente delimitada apenas pelo osso quadrado (Fig. 3d,e; 5h,i). Continuou diretamente, tanto com o recesso mandibular, como com o divertículo cervicocefálico, este último não abordado neste trabalho. O recesso mandibular foi caracterizado por apresentar formato tubular que se estendeu caudorostralmente, acompanhando o aspecto medial do ramo da mandíbula, até aproximadamente seu terço médio (Fig. 5g). Por apresentar sentido rostral, vale ressaltar que o recesso mandibular estava posicionado medialmente à porção pós-orbital e ventralmente à porção infraorbital, mas separada parcialmente destas porções por tecido epitelial.

O divertículo cervicocefálico, apesar de parcialmente visível (Fig 3f; 4b; 7d; 8b), não foi considerado neste estudo, pois se estendeu até a região cervical dos papagaios analisados e, portanto, não fez parte dos objetivos deste estudo.

DISCUSSÃO

A anatomia do crânio de papagaios-verdadeiros apresentou semelhanças a de outros psitacídeos, independentemente do sexo, salvo pela morfologia óssea (Carril et al., 2016; Cavinatto et al., 2016; Silva et al., 2020). A TC se apresentou como uma boa técnica para a exploração da cabeça dos papagaios-verdadeiros estudados, similar ao descrito para outros psitacídeos (Veladiano et al. 2016a). Apesar do seu tamanho reduzido, foi possível a obtenção de imagens de alta qualidade, proporcionando a identificação de muitas estruturas clinicamente relevantes, como as curtas trabéculas ósseas, os ossículos esclerais, as conchas nasais e as cartilagens da laringe, além de permitir amplo exame do seio infraorbital. A obtenção de imagens sequenciais e em três planos foi essencial para a identificação dos compartimentos do seio infraorbital nas cabeças estudadas, bem como suas relações topográficas com outras estruturas relacionadas, sem sobreposição (Gumpenberger et al. 2001).

Como descrito por Witmer (1990 e 1995) em diferentes espécies de aves, a pneumatização do crânio dos papagaios-verdadeiros também foi extensa, comprovada pela abundante trabeculação de seus ossos. No entanto, apesar de Tahara e Larsson (2019b) terem detalhado a participação dos seios infraorbital e paratimpânico na pneumatização do crânio de mandarins (*Taeniopygia guttata*) e de codornas (*Coturnix coturnix japonica*), não foi possível identificar os respectivos forames pneumáticos nas imagens aqui obtidas e, portanto, confirmar a origem da pneumatização dos ossos cranianos. Além do mais, o seio paratimpânico não foi identificado nos papagaios-verdadeiros estudados devido a sua provável relação topográfica com a columela e outras estruturas associadas com a orelha média (Tahara and Larsson, 2019a), e que foram difíceis de serem delimitadas pela TC convencional.

O número de conchas nasais encontradas nos papagaios estudados foi semelhante ao descrito para a grande maioria das ordens de aves, sendo a presença de três conchas o número mais comum (Bang, 1971). Variações também puderam ser observadas entre psitacídeos, como nos casos descritos para o

papagaio-do-congo (*Psittacus erithacus*) e para o periquito-australiano (*Melopsittacus undulatus*), onde foram encontradas apenas duas conchas nasais (Pohlemeyer and Kummerfeld, 1989; Witmer, 1995), número similar ao observado para o bulbul castanho-ruivo (*Hysipetes amaurotis*) (Yokosuka et al. 2009), ou com número superior a três conchas, como observado para os petréis (*Pagodroma* sp) (Bang, 1971).

Como descrito para a maioria das espécies de aves, a concha nasal média do papagaio-verdadeiro foi a maior das três conchas (Bang, 1971), enquanto a concha nasal caudal se mostrou pequena e posicionada na extremidade caudal da cavidade nasal, de forma semelhante a encontrada em outros psitacídeos (Pohlemeyer and Kummerfeld, 1989). No entanto, vale comentar que os relatos de Krautwald-Junghanns et al. (1998) foram divergentes quanto a posição e o formato das conchas nasais média e caudal em aves do gênero *Amazona*. Suas imagens tomográficas sugerem uma ligação íntima entre as duas conchas, a média uma estrutura pequena e linear, contida na concha nasal rostral, enquanto a caudal se mostrou mais extensa, o que difere da literatura consultada. Pelas imagens obtidas neste trabalho, pode-se sugerir que esta interpretação anatômica deve estar relacionada com a variação de tamanho encontrada para a concha nasal caudal nos papagaios-verdadeiros estudados, que se mostrou muito pequena em alguns exemplares. Esta característica anatômica pode ter comprometido sua visualização, levando a uma interpretação equivocada de seu posicionamento e formato.

Apesar de poucas espécies de aves possuírem uma base óssea em alguma das conchas nasais (Tahara and Larsson, 2019b), nenhum dos papagaios estudados apresentou tal composição, foram cartilagíneas em sua totalidade, fato confirmado após a utilização de diferentes filtros nas imagens tomográficas obtidas.

Como relatado por Pohlemeyer e Kummerfeld (1989) para outros psitacídeos, o ducto nasofaríngeo foi identificado em todos os exemplares estudados, apresentando descrição anatômica semelhante. No entanto, a literatura referente a esta estrutura ainda é escassa, somado a ausência de descrições mais detalhadas sobre sua topografia e não sendo clara a sua existência nos diferentes grupos de aves, o que dificultou a realização de maiores comparações (Parsons, 1967; Tahara and Larsson, 2019b; Witmer, 1995).

O aparelho hiobranquial apresentou morfologia e topografia semelhantes às de outros psitacídeos (Baumel et al. 1993), que serviam de suporte para a porção livre da língua. Neste sentido, o formato achatado e largo do osso paraglossa se mostrou condizente com a aparência robusta e abaulada da língua (Homberger and Brush, 1986).

Com relação aos componentes internos do bulbo ocular, vale ressaltar que mesmo com o excelente estado de conservação dos cadáveres utilizados, a visualização de suas estruturas internas foi comprometida, devido a não identificação de contornos claramente definidos para a lente, o humor vítreo, a retina e o nervo ótico. Trabalhos de diagnóstico por imagem que utilizaram aves vivas obtiveram sucesso neste sentido (Gumpenberger and Kolm, 2006; Veladiano et al. 2016a). Apenas a lente, o humor vítreo e o nervo ótico foram passíveis de identificação nos cortes anatômicos.

O sistema nervoso central também se mostrou indiferenciado nas imagens obtidas, já que o tecido nervoso apresentou a mesma atenuação, o que dificultou a individualização de seus segmentos (Veladiano et al. 2016a). Por fatores similares, não foi possível individualizar os músculos do bulbo ocular, além da maioria dos músculos da cabeça, com exceção dos músculos mastigatórios mais volumosos. Apesar da técnica de imersão de contraste ser recomendada para melhorar a definição dos

tecidos em questão (Gignac et al., 2016; Jones et al., 2019; Lautenschlager et al., 2014; Tahara and Larsson, 2019b), vale comentar que as imagens tomográficas apresentadas por Veladiano (2016a) também não apresentaram maior definição em ambos os tecidos, mesmo com a utilização de aves vivas e de contraste injetável.

Nos papagaios-verdadeiros utilizados, o formato da laringe e o seu esqueleto composto por três cartilagens foram características similares para com outras espécies de aves descritas na literatura (Çevik-Demirkan et al. 2007; Kabak et al. 2007; Onuk et al. 2010). Também foi possível identificar que, em espécies como a galinha, o avestruz, o pombo e o corvo, mesmo possuindo o esqueleto cartilágneo similar, apresentaram uma cartilagem cricóide com o corpo e o processo rostral mais largos e achatados (Bock, 1978; Hogg, 1982; Tadjalli et al. 2008; Zweers et al. 1981), enquanto nas aves analisadas, a cartilagem cricóide se mostrou com espessura delgada e homogênea, não possuindo o processo rostral.

Da mesma forma que descrito por Veladiano et al. (2016a) para diferentes psitacídeos, a membrana timpânica, o osso columela, a cartilagem extracolumela e a cóclea também não foram diferenciadas nas imagens obtidas através da TC convencional, devido ao tamanho reduzido. No entanto, mesmo com a limitação apresentada, a TC convencional ainda pode ser útil para o diagnóstico de otites (Delk et al. 2014). Sugere-se a utilização de equipamento de alta-resolução, como a micro-TC, para a visualização destas estruturas (Bonsmann et al. 2016; Tahara and Larsson, 2019b, 2019a).

Descrições anatômicas referentes ao seio infraorbital foram encontradas nas revisões de Witmer (1990) e nos relatos de Witmer e Ridgely (2008) e Tahara e Larsson (2019b), para algumas aves silvestres e domésticas, porém são escassas para psitacíformes, tanto por métodos de dissecação como por TC (Artmann and Henninger, 2001; Pohlemeyer and Kummerfeld, 1989).

Apesar de variável, as aves não pertencentes ao grupo dos psitacídeos possuem um menor número de compartimentos do seio infraorbital, com extensão total reduzida, sendo o compartimento infraorbital o seu limite caudal (Witmer, 1990). Como outros psitacídeos, o papagaio-verdadeiro apresentou a cabeça e a região cervical extensamente pneumatizada pelo seio infraorbital, sendo o divertículo cervicocefálico um compartimento exclusivo deste grupo (Henry et al. 1997; Walsh and Mays, 1984). Devido a essas características, não foi possível realizar uma comparação detalhada dos compartimentos do seio infraorbital entre os papagaios-verdadeiros e os outros grupos de aves comparadas, até pela dificuldade de inferir homologias, sem estudos filogenéticos mais aprofundados (Witmer, 1995).

Quando comparado diretamente a outros psitacídeos (Artmann and Henninger, 2001; Pohlemeyer and Kummerfeld, 1989), o papagaio-verdadeiro apresentou delimitações e compartimentações do seio infraorbital semelhantes às encontradas para diferentes gêneros (*Ara*, *Anodorhynchus*, *Amazona*, *Cacatua* e *Psittacus*). No entanto, deve-se salientar que variações referentes a extensão dos compartimentos são esperadas, já que as espécies comparadas apresentaram crânios com dimensões distintas.

Como observado para as araras (Artmann and Henninger, 2001), o divertículo rostral e as porções pré-orbital e infraorbital do seio infraorbital foram facilmente visualizados nas imagens obtidas, devido as suas extensões e pela menor sobreposição com a musculatura. Já as porções pós-orbital, quadrado e o recesso mandibular eram proporcionalmente reduzidas em tamanho e intimamente associadas com a musculatura mastigatória, sendo responsáveis pela formação de pequenas reentrâncias que dificultaram

a completa visualização destas cavidades (Pohlemeyer and Kummerfeld, 1989; Tahara and Larsson, 2019b).

Outra diferença notável para os papagaios-verdadeiros foi a inexistência do recesso paratraqueal, característica também relatada por Veladiano et al. (2016), em diferentes psitacídeos. Apesar de Artmann e Herring (2001) comentarem sobre a possibilidade deste recesso ser encontrado em aves do gênero *Amazona* e *Cacatua*, sua presença foi apenas confirmada em araras dos gêneros *Ara* e *Anodorhynchus*.

Artmann e Herring (2001) também comentaram a dificuldade de se individualizar as porções pré e pós-orbital do seio infraorbital em araras, pela falta de referências anatômicas. No entanto, esta dificuldade não foi observada para os papagaios-verdadeiros, pois o formato mais curto do seu crânio, permitiu que a porção pré-orbital ocupasse o interior da fenestra anterorbital, enquanto a porção pós-orbital foi claramente delimitada pelo processo zigomático do osso escamoso.

Outro diferencial observado para o seio infraorbital estava relacionado com o seu ponto de comunicação com a cavidade nasal, a abertura do seio infraorbital, que na maioria dos grupos de aves estava localizada ventralmente, entre as conchas nasais média e caudal (Bang, 1971; Tahara and Larsson, 2019b). Apesar de generalistas, estes autores não fizeram referência aos psitacídeos, sendo Pohlemeyer e Kummerfeld (1989) os únicos a relatarem o posicionamento desta abertura para este grupo. Neste caso, da mesma forma que o descrito para os gêneros *Psittacus*, *Amazona*, *Cacatua* e *Ara*, a referida abertura também foi encontrada no final da cavidade nasal dos papagaios estudados, posicionada lateralmente às conchas nasais média e caudal.

CONCLUSÕES

A tomografia computadorizada mostrou ser um método útil para a descrição da maioria de estruturas anatômicas da cabeça de papagaios-verdadeiros, sendo relevante para a avaliação de enfermidades associadas, além de servir como referência para sua interpretação diagnóstica, através da aquisição de imagens de alta qualidade e sem sobreposição de estruturas.

Ficou claro, através da literatura consultada, que a cabeça dos papagaios estudados apresentou anatomia muito semelhante à das aves comparadas. As diferenças encontradas estavam relacionadas com a cavidade nasal e estruturas associadas, com a distinta extensão e compartimentação do seio infraorbital e a presença de um ducto nasofaríngeo bem definido, além de morfologia específica do aparelho hiobranquial para psitacídeos.

A TC convencional se mostrou eficaz para a avaliação das conchas nasais e do seio infraorbital, através de reconstruções tridimensionais que facilitaram sua visualização e reconhecimento de seus compartimentos. Entretanto, mostrou limitações para a identificação e delimitação dos componentes da orelha média e do seio paratimpânico devido ao seu tamanho reduzido.

REFERÊNCIAS

- Artmann, A., Henninger, W. (2001) Psittacine paranasal sinus - a new definition of compartments. *J. Zoo Wildl. Med.* 32, 447–458. [https://doi.org/10.1638/1042-7260\(2001\)032\[0447:ppsand\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1638/1042-7260(2001)032[0447:ppsand]2.0.co;2)
- Bang, B.G. (1971) Functional anatomy of the olfactory system in 23 orders of birds. *Acta Anat. (Basel)*. 79, 1–76. <https://doi.org/10.1159/000143667>
- Baumel, J.J., King, A., Breazile, J.E., Evans, H.E., Vanden Berge, C. (1993) Handbook of avian anatomy: Nomina Anatomica Avium, The Nuttall Ornithological Club.
- Bock, W.J. (1978) Morphology of the Larynx of *Corvus brachyrhynchos* (Passeriformes : Corvidae). *Wilson Bull.* 90, 553–565.
- Bonsmann, A., Stoffel, M.H., Burkhart, M., Hatt, J.M. (2016) Anatomical Atlas of the Quail's Ear (*Coturnix coturnix*). *J. Vet. Med. Ser. C Anat. Histol. Embryol.* 45, 399–404. <https://doi.org/10.1111/ahe.12198>
- Bortolini, Z., Matayoshi, P.M., Santos, R.V., Doiche, D.P., Machado, V.M.V., Teixeira, C.R. et al. (2013) Casuistics of diagnostic imaging in wildlife medicine - from 2009 to 2010 | Casuística dos exames de diagnóstico por imagem na medicina de animais selvagens - 2009 a 2010. *Arq. Bras. Med. Vet. e Zootec.* 65, 1247–1252. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352013000400042>
- Carril, J., Tambussi, C.P., Degrange, F.J., Benitez Saldivar, M.J., Picasso, M.B.J. (2016) Comparative brain morphology of Neotropical parrots (Aves, Psittaciformes) inferred from virtual 3D endocasts. *J. Anat.* 229, 239–251. <https://doi.org/10.1111/joa.12325>
- Cavinatto, C.C., Armando, A.P.R.N., Cruz, L.K.S., De Lima, E.M.M., Santana, M.I.S. (2016) Descrição anatômica de esqueletos de papagaios do gênero *Amazona* através da utilização de radiografias. *Pesqui. Vet. Bras.* 36, 123–130. <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2016000200010>
- Çevik-Demirkan, A., Hazırölu, R.M., Kürtül, I. (2007) Gross morphological and histological features of larynx, trachea and syrinx in Japanese quail. *Anat. Histol. Embryol.* 36, 215–219. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0264.2007.00758.x>
- Delk, A., Katie, W., David, A., Acvr, D., Delk, K.W., Mejia-fava, J. et al. (2014) Diagnostic Imaging of Peripheral Vestibular Disease in a Chinese Goose (*Anser cygnoides*). *J. Avian Med. Surg.* 28, 31–37.
- du Plessis, W.M., Groenewald, H.B., Elliott, D. (2017) Computed Tomography of the Abdomen in Eight Clinically Normal Common Marmosets (*Callithrix jacchus*). *J. Vet. Med. Ser. C Anat. Histol. Embryol.* 46, 365–372. <https://doi.org/10.1111/ahe.12278>
- Fedorov, A., Beichel, R., Kalpathy-Cramer, J., Finet, J., Fillion-Robin, J.-C., Pujol, S. et al. (2012) 3D Slicer as an Image Computing Platform for the Quantitative Imaging Network. *Magn. Reson. Imaging* 30, 1323–1341. <https://doi.org/10.1016/j.mri.2012.05.001>
- Fernandes, G.A., Dobkowski-Marinho, S., Santos, V.F., Lima-Rezende, C.A., da Silva, H.E., Rodrigues, F.P. et al. (2019) Development and characterization of novel microsatellite loci for the Blue-fronted Amazon (*Amazona aestiva*, Psittaciformes, Aves) and cross-species amplification for

other two threatened Amazona species. *Mol. Biol. Rep.* 46, 1377–1382.
<https://doi.org/10.1007/s11033-019-04595-z>

Freitas, P. De, Cláudia, A., Enrique, M., Vilela, R., Pereira, L., Lúcio, P. et al. (2015) Diagnóstico de animais ilegais recebidos no centro de triagem de animais silvestres de Belo Horizonte , Estado de Minas Gerais , no ano de 2011. *Ciência Rural* 45, 163–170.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20131212>

Gignac, P.M., Kley, N.J., Clarke, J.A., Colbert, M.W., Morhardt, A.C., Cerio, D. et al. (2016) Diffusible iodine-based contrast-enhanced computed tomography (diceCT): An emerging tool for rapid, high-resolution, 3-D imaging of metazoan soft tissues. *J. Anat.* 228, 889–909.
<https://doi.org/10.1111/joa.12449>

Gumpenberger, M., Henninger, W., Ecvdi, D. (2001) The Use of Computed Tomography in Avian and Reptile Medicine, in: *Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine*. pp. 174–180.
<https://doi.org/10.1053/saep>.

Gumpenberger, M., Kolm, G. (2006) Ultrasonographic and computed tomographic examinations of the avian eye: Physiologic appearance, pathologic findings, and comparative biometric measurement. *Vet. Radiol. Ultrasound* 47, 492–502. <https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.2006.00168.x>

Henry, R.W., Antinoffc, N., Janick, L., Orosz, S. (1997) E12 Technique: An Aid to Study Sinuses of Psittacine Birds. *Acta Anat. (Basel)*. 158, 54–58.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1159/000147911>

Hogg, D.A. (1982) Ossification of the laryngeal, tracheal and syringeal cartilages in the domestic fowl. *J. Anat.* 134, 57–71.

Homberger, D.G., Brush, A.H. (1986). Functional-morphological and biochemical correlations of the keratinized structures in the African Grey Parrot, *Psittacus erithacus* (Aves). *Zoomorphology* 106, 103–114. <https://doi.org/10.1007/BF00312112>

Jones, M.E.H., Button, D.J., Barrett, P.M., Porro, L.B. (2019) Digital dissection of the head of the rock dove (*Columba livia*) using contrast-enhanced computed tomography. *Zool. Lett.* 5, 1–31.
<https://doi.org/10.1186/s40851-019-0129-z>

Kabak, M., Orhan, I.O., Hazirolu, R.M. (2007) The gross anatomy of larynx, tracheae and syrinx in the long-legged buzzard (*Buteo rufinus*). *Anat. Histol. Embryol.* 36, 27–32.
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0264.2006.00708.x>

Krautwald-Junghanns, M.-E., Kostka, V.M., Dörsch, B. (1998) Comparative Studies on the Diagnostic Value of Conventional Radiography and Computed Tomography in Evaluating the Heads of Psittacine and Comparative Studies on the Diagnostic Value of Conventional Radiography and Compu. *J. Avian Med. Surg.* 12, 149–157.

Lautenschlager, S., Bright, J.A., Rayfield, E.J. (2014) Digital dissection - using contrast-enhanced computed tomography scanning to elucidate hard- and soft-tissue anatomy in the Common Buzzard *Buteo buteo*. *J. Anat.* 224, 412–431. <https://doi.org/10.1111/joa.12153>

Mackey, E.B., Hernandez-Divers, S.J., Holland, M., Frank, P. (2008) Clinical Technique: Application

- of Computed Tomography in Zoological Medicine. *J. Exot. Pet Med.* 17, 198–209.
<https://doi.org/10.1053/j.jepm.2008.05.007>
- Onuk, B., Haziroğlu, R.M., Kabak, M. (2010) The Gross Anatomy of Larynx, Trachae and Syrinx in Goose (*Anser anser domesticus*). *Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg.* 16, 443–450.
<https://doi.org/10.9775/kvfd.2009.917>
- Parsons, T.S. (1967) Evolution of the Nasal Structure in the Lower Tetrapod. *Am. Zool.* 7, 397–413.
- Pohlemeyer, K., Kummerfeld, N. (1989) Morphologie der Nasenhöhle der Nasennebenhöhlen sowie klinische Bedeutung bei Großpapageien. *Kleintierpraxis* 34, 127–133.
- Ricciardi, M., Franchini, D., Valastro, C., Ciccarelli, S., Caprio, F., Eyad Assad, A. et al. (2019) Multidetector Computed Tomographic Anatomy of the Lungs in the Loggerhead Sea Turtle (*Caretta caretta*). *Anat. Rec.* 302, 1658–1665. <https://doi.org/10.1002/ar.24030>
- Silva, I.A., Vieira, L.C., Mancini, V.R.M., Faillace, A.C.L., Santana, M.I.S. (2020) Radiographic anatomy of the cockatiel (*Nymphicus hollandicus*) axial and appendicular skeleton. *Anat. Histol. Embryol.* 49, 184–195. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/ahe.12510>
- Tadjalli, M., Mansouri, S.H., Poostpasand, A. (2008) Gross Anatomy of the Oropharyngeal Cavity in the Ostrich (*Struthio Camelus*). *Iran. J. Vet. Res.* 9, 316–323.
- Tahara, R., Larsson, H.C.E. (2019a) Development of the paratympanic pneumatic system of Japanese quail. *J. Morphol.* 280, 1492–1529. <https://doi.org/10.1002/jmor.21045>
- Tahara, R., Larsson, H.C.E. (2019b) Head pneumatic sinuses in Japanese quail and zebra finch. *Zool. J. Linn. Soc.* 1–51. <https://doi.org/10.1093/zoolinnean/zly089>
- Veladiano, I.A., Banzato, T., Bellini, L., Montani, A., Catania, S., Zotti, A. (2016a) Computed tomographic anatomy of the heads of blue-and-gold macaws (*Ara ararauna*), African grey parrots (*Psittacus erithacus*), and monk parakeets (*Myiopsitta monachus*). *Am. J. Vet. Res.* 77, 1346–1356.
- Veladiano, I.A., Banzato, T., Bellini, L., Montani, A., Catania, S., Zotti, A. (2016b) Normal computed tomographic features and reference values for the coelomic cavity in pet parrots. *BMC Vet. Res.* 12, 1–9. <https://doi.org/10.1186/s12917-016-0821-6>
- Vilela, D.A. da R. (2012) Diagnóstico de situação dos animais silvestres recebidos nos CETAS brasileiros e *Chlamydophila psittaci* em papagaios (*Amazona aestiva*) no CETAS de Belo Horizonte, MG. Tese - Univ. Fed. Minas Gerais, Esc. Veterinária.
- Walsh, M.T., Mays, M.C. (1984) Clinical Manifestations of Cervicocephalic Air Sacs of Psittacines. *Contin. Educ. Artic.* #1 6, 783–789.
- Witmer, L.M. (1995) Homology of facial structures in extant archosaurs (birds and crocodilians), with special reference to paranasal pneumaticity and nasal conchae. *J. Morphol.* 225, 269–327.
<https://doi.org/10.1002/jmor.1052250304>
- Witmer, L.M. (1990) The craniofacial air sac system of Mesozoic birds (Aves). *Zool. J. Linn. Soc.* 100,

327–378. <https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.1990.tb01865.x>

- Witmer, L.M., Ridgely, R.C. (2008) The paranasal air sinuses of predatory and armored dinosaurs (Archosauria: Theropoda and ankylosauria) and their contribution to cephalic structure. *Anat. Rec.* 291, 1362–1388. <https://doi.org/10.1002/ar.20794>
- Yokosuka, M., Hagiwara, A., Saito, T.R., Aoyama, M., Ichikawa, M., Sugita, S. (2009) Morphological and Histochemical Study of the Nasal Cavity and Fused Olfactory Bulb of the Brown-Eared Bulbul, *Hypsipetes amaurotis*. *Zoolog. Sci.* 26, 713–721. <https://doi.org/10.2108/zsj.26.713>
- Zweers, G.A., Pelt, H.C. Van, Beckers, A. (1981) Zoomorphology Morphology and Mechanics of the Larynx of the Pigeon. *Zoomorphology* 99, 37–69.

ANEXOS

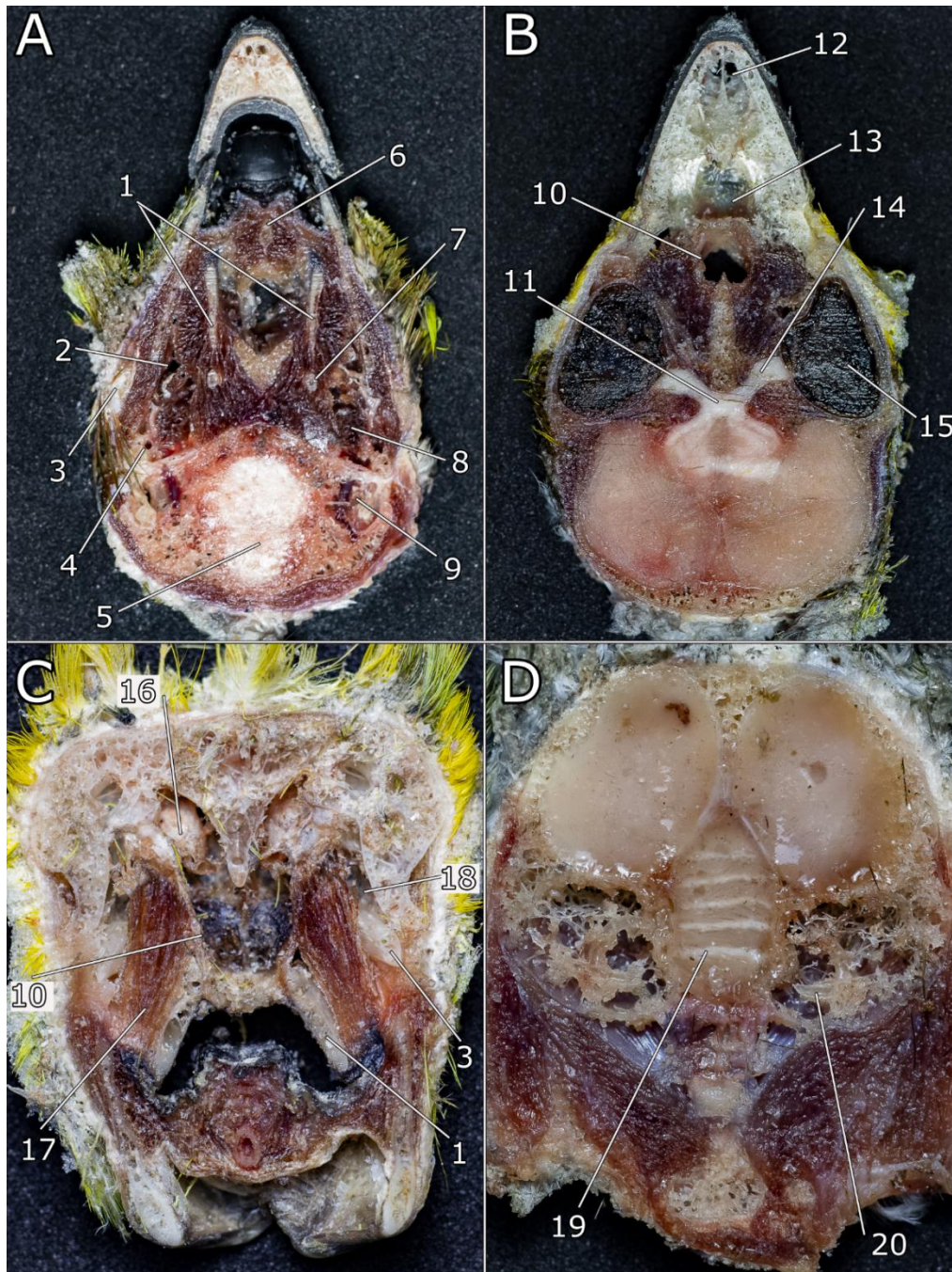


FIGURA 1 Macrofotografias dos cortes anômicos nos sentidos dorsal (A e B) e transversal (C e D), de forma não sequencial. 1, osso palatino; 2, porção pós-orbital; 3, arco jugal; 4, osso quadrado; 5, medula oblonga; 6, basihial; 7, osso pterigoide; 8, m. extensor do pterigoide e quadrado; 9, meato acústico externo; 10, ducto nasofaríngeo; 11, quiasma ótico; 12, divertículo rostral; 13, canal transversa; 14, nervo ótico; 15, humor vítreo; 16, concha nasal média; 17, m. etmomandibular; 18, porção pré-orbital; 19, folhas do cerebelo; 20, labirinto ósseo. Note que as estruturas 5, 11, 14, 15 e 19, não foram delimitadas nas imagens tomográficas.

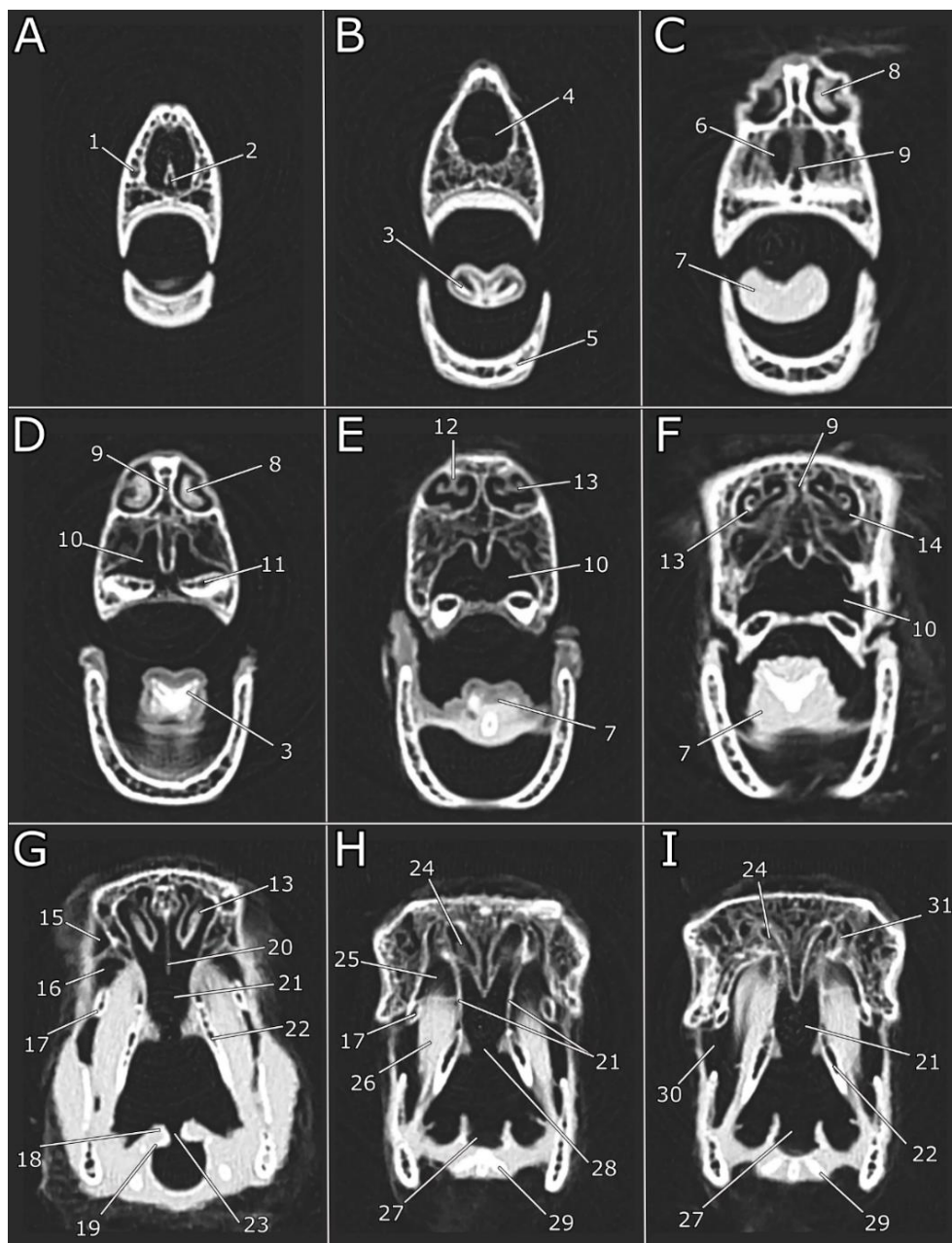


FIGURA 2 Reconstrução em corte transversal das imagens tomográficas, de forma sequencial (A – I) sentido rostro-caudal do rostro até o final da cavidade nasal, com o filtro de ouvido interno de alta resolução e janela de pulmão (WW 1400; WL -500). 1, osso pré-maxilar; 2, septo ósseo incompleto do divertículo rostral; 3, paraglossos; 4, divertículo rostral; 5, osso mandíbula; 6, fenda palatina; 7, língua; 8, concha nasal rostral; 9, septo nasal ósseo; 10, canal transversos; 11, processo maxilar do osso palatino; 12, lamela basal da concha nasal média; 13, concha nasal média; 14, meato nasal; 15, recesso pré-orbital da porção pré-orbital; 16, porção jugal da porção pré-orbital; 17, arco jugal; 18, elevação laríngea; 19, cartilagem aritenóide; 20, porção cartilaginosa do septo nasal; 21, ducto nasofaríngeo; 22, porção lateral do osso palatino; 23, glote; 24, concha nasal caudal; 25, porção pré-orbital; 26, m. etmomandibular, 27; traquéia; 28, coana; 29, corno branquial; 30, porção infraorbital; 31, abertura para o seio infraorbital.

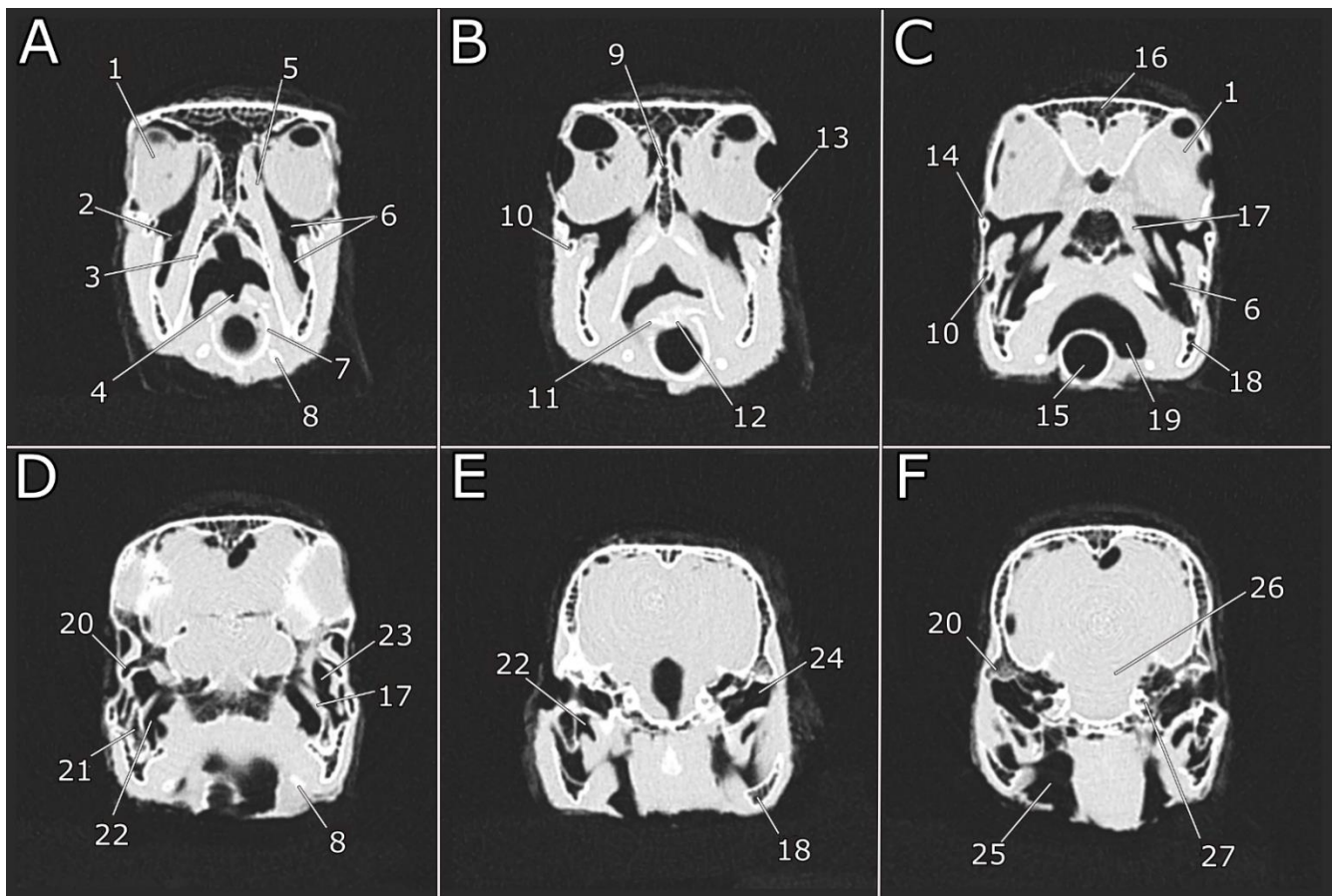


FIGURA 3 Reconstrução em corte transversal das imagens tomográficas, de forma sequencial (A – F) sentido rostro-caudal, do bulbo ocular até o meato acústico externo, com o filtro de ouvido interno de alta resolução e janela de pulmão (WW 1400; WL -500). 1; bulbo ocular; 2, membrana de tecido epitelial; 3, porção lateral do osso palatino; 4, glote; 5, m. etmomandibular; 6, porção infraorbital; 7, anel traqueal; 8, corno branquial; 9, septo interorbital; 10, arco jugal; 11, cartilagem cricóide; 12, cartilagem procróide; 13, ossículos esclerais; 14, arco suborbital; 15, traquéia; 16, osso frontal; 17, m. extensor do pterigoide e quadrado; 18, osso mandíbula; 19, faringe; 20, processo zigomático do osso escamoso; 21, osso quadrado; 22, porção quadrado; 23, porção pós-orbital; 24, meato acústico externo; 25, divertículo cervicocefálico; 26, bulbo; 27, labirinto ósseo. Note a extensa pneumatização de 3, 16, 18 e 21.

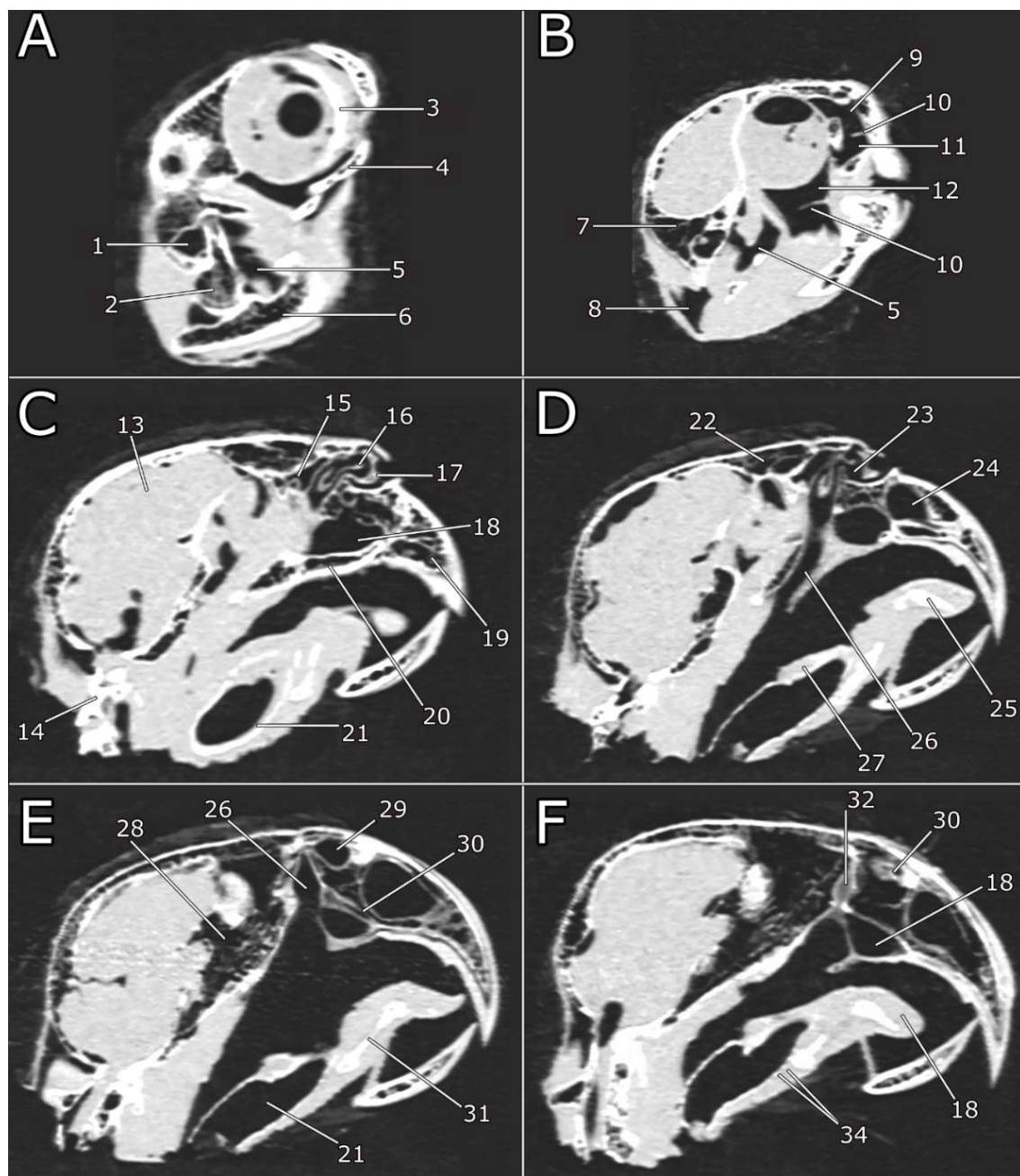


FIGURA 4 Reconstrução em corte sagital das imagens tomográficas, de forma sequencial (A – F) sentido latero-lateral da face lateral até o septo nasal ósseo, com o filtro de ouvido interno de alta resolução e janela de pulmão (WW 1400; WL -500). 1, Abertura da orelha externa; 2, osso quadrado; 3, ossículos esclerais; 4, arco suborbital; 5, porção pós-orbital; 6, osso mandíbula; 7, região occipital; 8, divertículo cervicocefálico; 9, recesso pré-orbital da porção pré-orbital; 10, membrana epitelial; 11, porção jugal da porção pré-orbital; 12, porção infraorbital; 13, encéfalo; 14, vertebrae cervicais; 15, concha nasal caudal; 16, concha nasal media; 17, concha nasal rostral; 18, canal transverso; 19, osso pré-maxilar; 20, osso palatino; 21, traquéia; 22, osso frontal; 23, meato nasal; 24, divertículo rostral; 25, paraglossos; 26, ducto nasofaríngeo; 27, laringe; 28, septo interorbital; 29, cavidade nasal; 30, septo nasal ósseo; 31, basial; 32, parte cartilaginosa do septo nasal; 33, ápice da língua; 34, anéis traqueais. Note a intensa pneumatização de 2, 7, 19, 20 e 22.

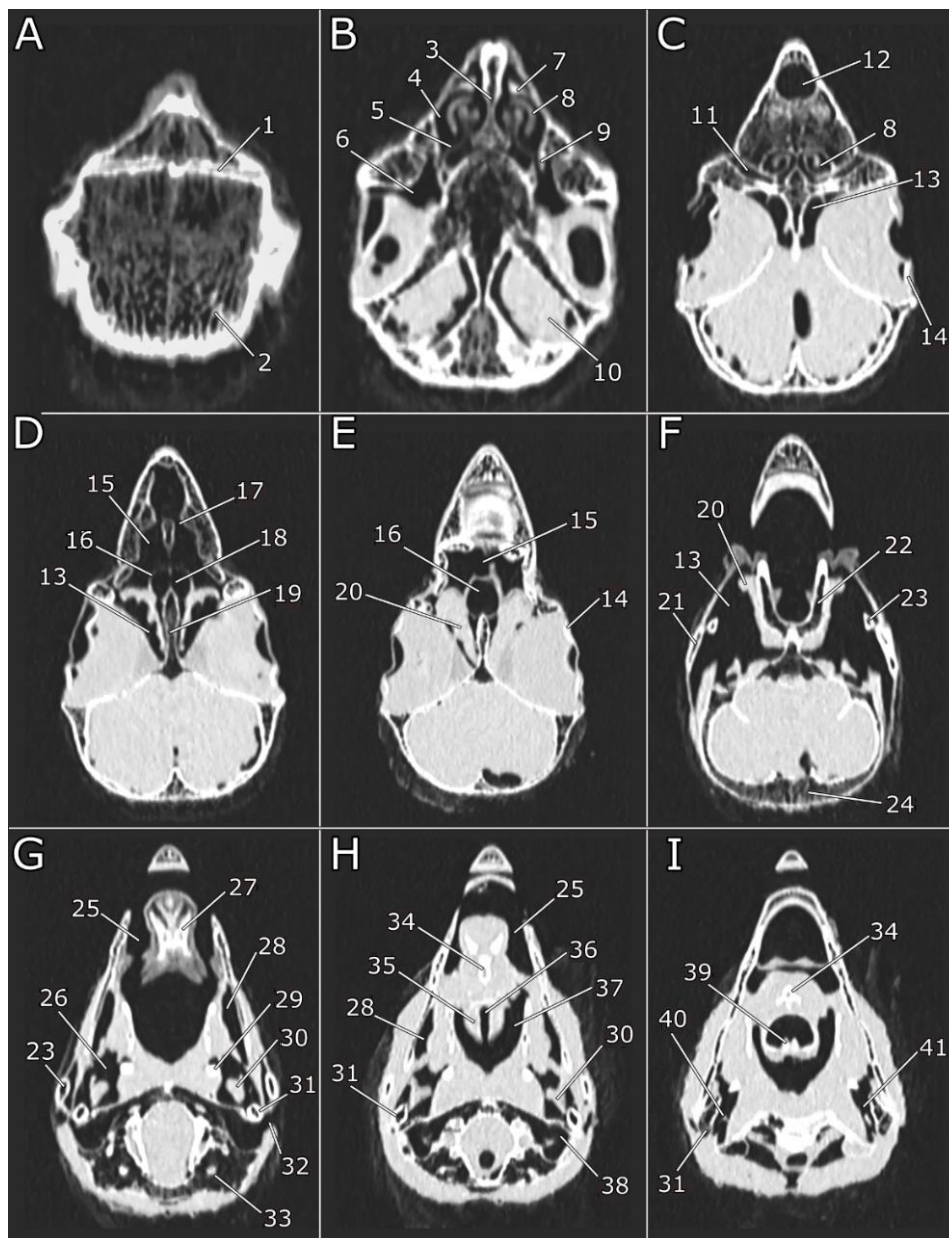


FIGURA 5 Reconstrução em corte horizontal das imagens tomográficas, de forma sequencial (A – I) sentido dorso-ventral da face dorsal da cabeça até a altura da laringe, com filtro de ouvido interno de alta resolução e janela de pulmão (WW 1400; WL -500). 1, zona flexora nasofrontal; 2, osso frontal; 3, septo nasal ósseo; 4, meato nasal; 5, lamela basal da concha nasal media; 6, porção pré-orbital; 7, concha nasal rostral; 8, concha nasal media; 9, abertura para o seio infraorbital; 10, encéfalo; 11, fenestra anterorbital; 12, divertículo rostral; 13, porção infraorbital; 14, ossículo escleral; 15, canal transversal; 16, ducto nasofaríngeo; 17, fenestra palatina; 18, parte cartilaginosa do septo nasal; 19, septo interorbital; 20, m. etmomandibular; 21, arco suborbital; 22, osso palatino; 23, arco jugal; 24, região occipital; 25, cavidade oral; 26, porção pós-orbital; 27, paraglossa; 28, recesso mandibular; 29, osso pterigóide; 30, m. extensor do pterigoide e do quadrado; 31, osso quadrado; 32, abertura da orelha externa; 33, labirinto ósseo; 34, basihial; 35, laringe; 36, glote; 37, faringe; 38, meato acústico externo; 39, cartilagem aritenóide; 40, membrana epitelial; 41, porção quadrado. Note a extensa pneumatização de 2, 22, 24 e 31.

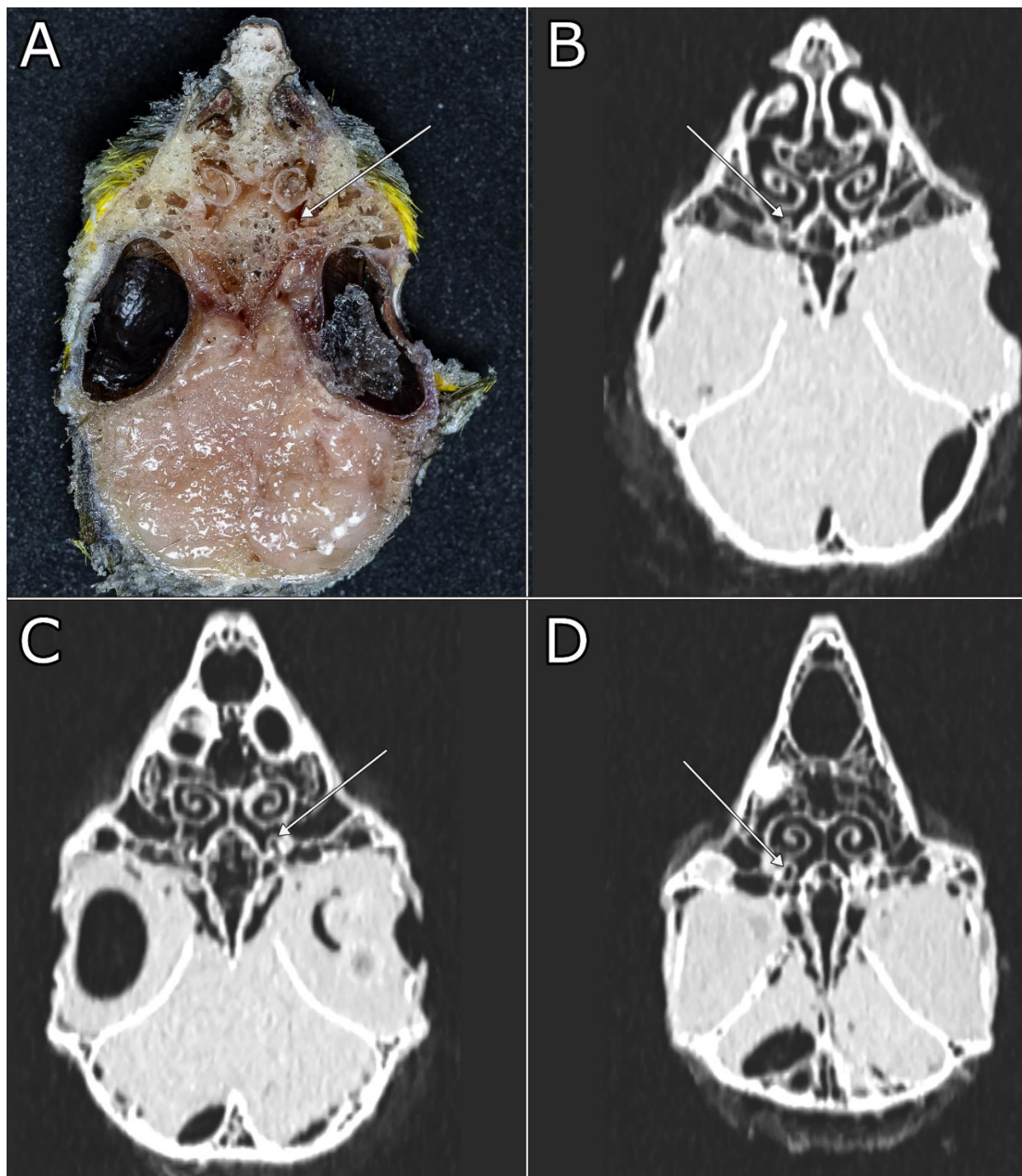


FIGURA 6 Macrofotografia do corte anatômico em sentido horizontal (A) e suas respectivas reconstruções tomográficas em corte horizontal (B, C, D), com utilização do filtro de ouvido interno de alta resolução e janela de pulmão (WW 1400; WL -500). As setas apontam para a concha nasal caudal. Note a variação de tamanho dessa estrutura em diferentes cabeças de papagaios (B, C, D).

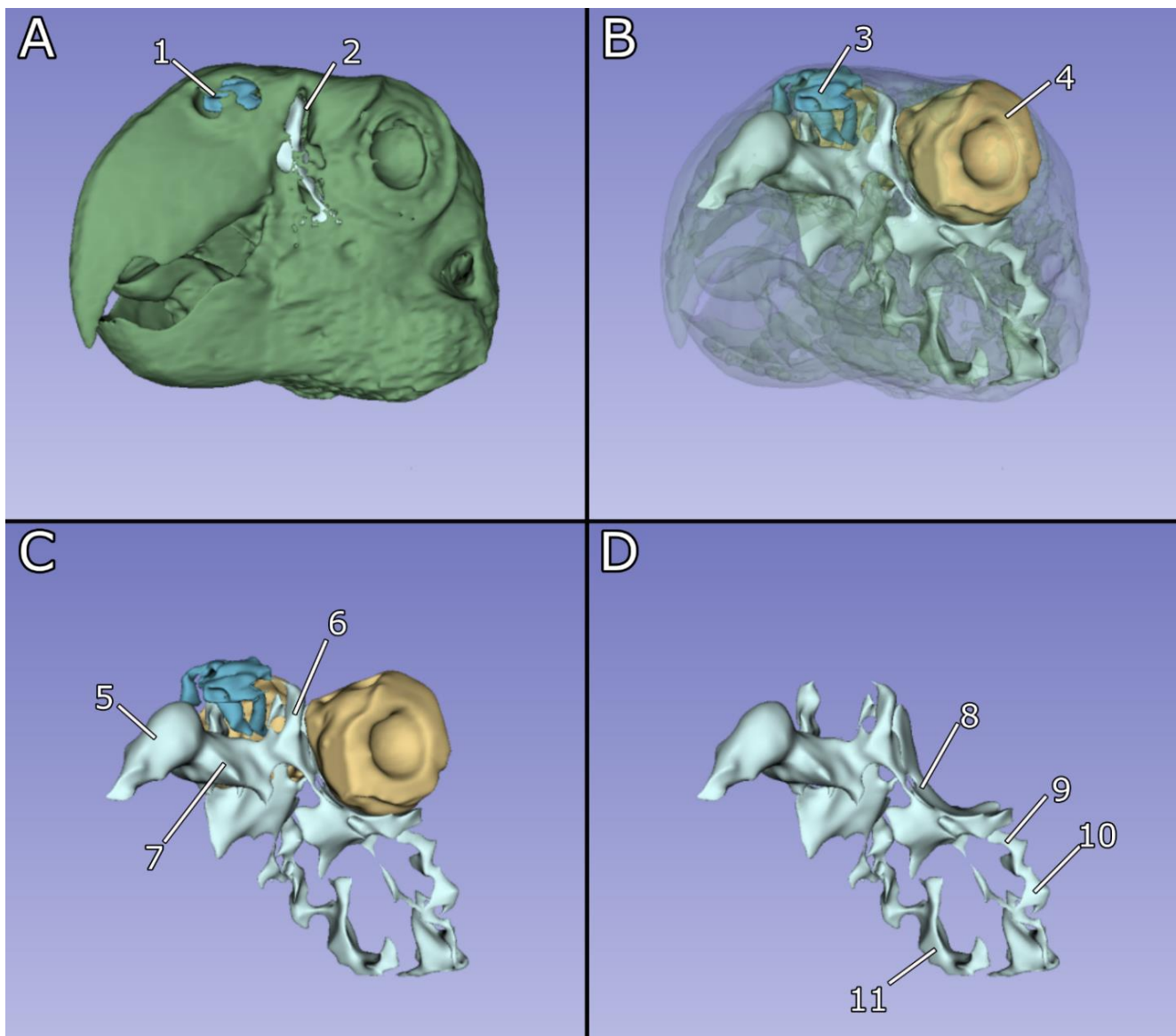


FIGURA 7 Reconstruções multiplanares da cabeça (A,B), das conchas nasais, bulbo ocular e seio infraorbital (B,C,D), vista rostro-lateral. 1, narina; 2, fenestra anterorbital. 3, conchas nasais; 4, bulbo ocular; 5, divertículo rostral; 6, porção pré-orbital; 7, canal transverso; 8, porção infraorbital; 9, porção pós-orbital; 10, porção quadrado; 11, divertículo cervicocefálico.

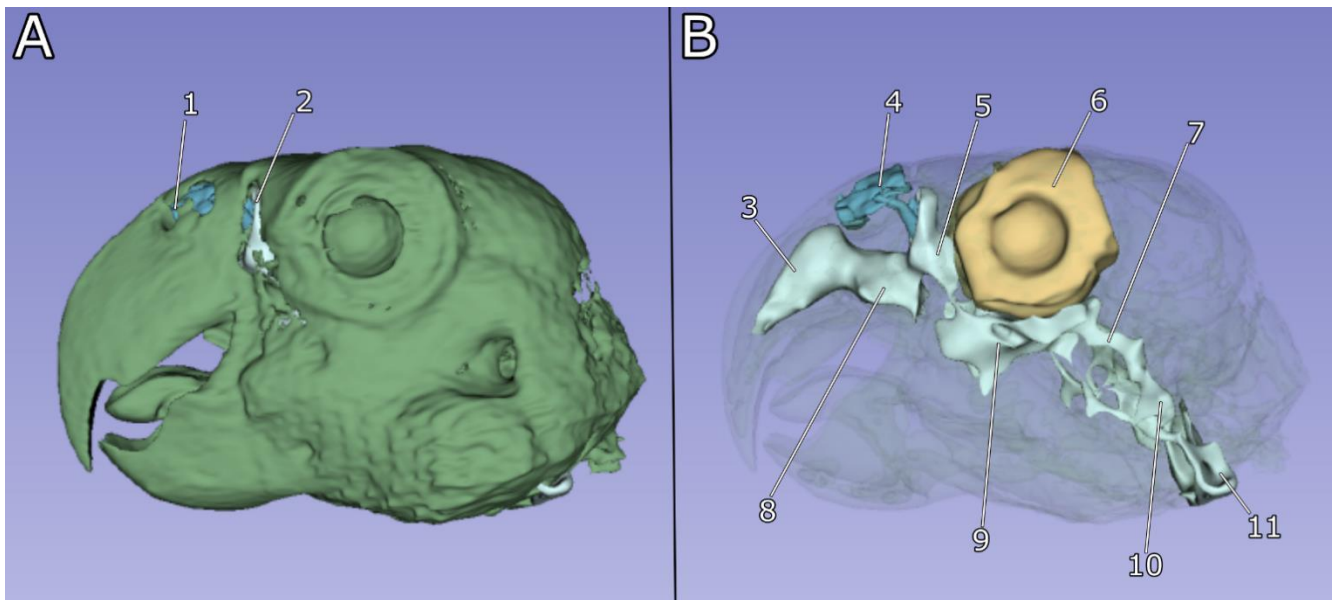


FIGURA 8 Reconstruções multiplanares da cabeça (A), conchas nasais, bulbo ocular e seio infraorbital (B), vista lateral. 1, narina; 2, fenestra anterorbital; 3, divertículo rostral; 4, conchas nasais; 5, porção pré-orbital; 6, bulbo ocular; 7, porção pós-orbital; 8, canal transverso; 9, porção infraorbital; 10, porção quadrado; 11, divertículo cervicocefálico.

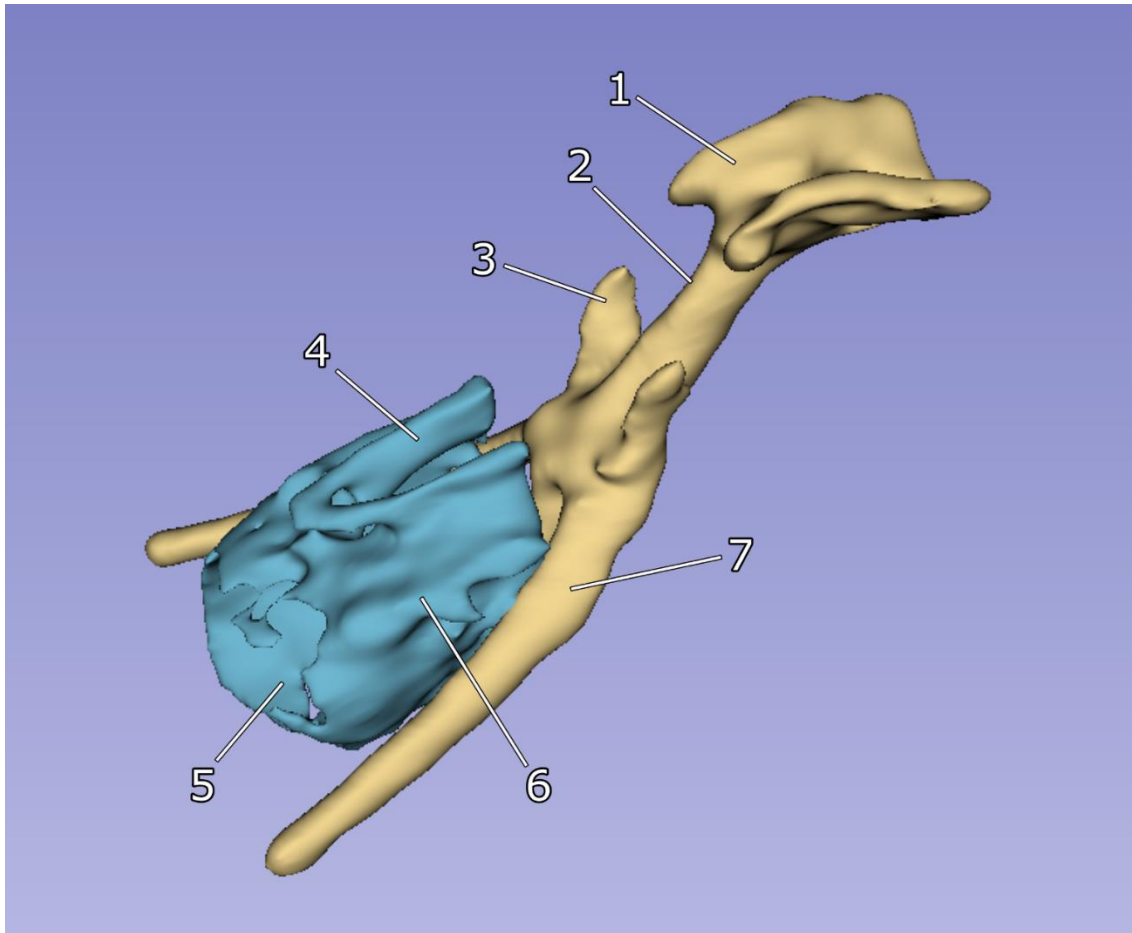


FIGURA 9 Reconstrução multiplanar do aparelho hiobranquial (amarelo), da laringe e do início da traquéia (azul), vista dorso-lateral. 1, paraglossos; 2, basihial; 3, processo parahial; 4, cartilagem aritenóide; 5, traquéia (primeiros anéis traqueais); 6, cartilagem cricóide; 7, corno branquial.